

基于深度学习的肺组织窒息特征识别在死因判断中的应用研究

范文瑞

黑龙江省众大司法鉴定中心, 黑龙江 大庆 163000

摘要: 肺组织窒息特征是法医学中判断机械性窒息死因的重要依据, 然而传统病理判断高度依赖经验和主观判断, 易引发误判与争议。随着人工智能的发展, 深度学习在医学图像识别中展现出卓越性能, 为窒息相关病理特征的客观化、标准化识别提供了可能。本文基于卷积神经网络(CNN)等深度学习架构, 构建肺组织图像自动识别模型, 系统训练与验证其在识别肺泡破裂、肺水肿、出血浸润等窒息征象中的应用价值。同时, 探讨该模型在司法死因判断流程中的集成路径与操作规范。

关键词: 深度学习; 肺组织窒息; 死因判断; 病理图像识别; 法医病理学

0 引言

在司法实践中, 机械性窒息的死因认定是复杂而关键的环节, 常依赖肺组织的病理特征进行诊断。但现有方法多由人工阅片完成, 判断过程主观性强、重复性差, 受制于病理人员经验水平, 难以形成标准化流程。人工智能技术, 特别是深度学习在医学图像分析中的发展, 为法医学带来了新的技术路径。通过对肺组织病理图像的自动识别与特征提取, 可辅助法医客观判断死因, 提升诊断效率与科学性。本文基于深度学习模型, 系统构建肺组织窒息特征识别机制, 探讨其在死因判断中的实际应用与成效, 旨在推动死因分析从经验型向数据驱动型转变, 为法医实践注入精准识别与智能化判定的新工具。

1 肺组织窒息特征的概念

1.1 肺组织窒息的定义

肺组织窒息是指在呼吸道受到压迫、阻断, 或者外力无法进氧气的状况下, 会引起肺部空气交换功能障碍, 从而引发急性的低氧状态, 并引起组织层面一系列病理学变化。这种情况多见于勒颈、捂嘴捂鼻、胸部挤压、溺水等机械性窒息性事件中, 也是医学中最为常见的意外死亡类型之一。肺部是否有窒息征象是认定死者是否曾经遭受机械性损伤的一个标准, 它包括生理上停止气交换以及肺部血液循环的变化、毛细血管破坏以及氧代谢紊乱等多种形态学变化, 须以综合尸检现场信息、大体情况以及镜下病理切片情况以认定肺部是否呈窒息征象, 并做出准确诊断。

1.2 肺组织窒息的病理特征

肺组织在窒息状态下会表现出一系列具有特征性的

病理改变, 这些改变可为死因提供关键的组织学证据。典型病理表现为肺组织广泛充血、水肿、肺泡内出血、肺泡壁破裂, 少数病例中可见肺表面大小不等的瘀点、瘀斑或大片瘀斑及支气管管腔内布满气泡样液体, 光镜下表现为肺泡结构紊乱, 血液浸润于肺间质及支气管壁周围, 并被巨噬细胞吞噬红细胞形成“窒息性出血影像”, 这是因急性缺氧致使毛细血管通透性增高及肺静脉压增高的结果, 但以上病理表现除存在于窒息死亡中, 也可见于慢性、心脏疾病导致的心搏骤停等, 因此在法医学检查中对于病理征象的覆盖率、严重程度及样式的恒定性应给以特别重视, 从而提升病理诊断的正确率、特异度。

1.3 窒息与其他肺部疾病的区别

肺组织窒息与其他肺部疾病在病理表现上存在一定交叉, 易造成误判, 需结合特征性变化进行鉴别。窒息死亡常表现为急性肺水肿、弥漫性肺泡出血、肺泡塌陷与出血性渗出, 而非因性肺病如心衰肺水肿或肺炎虽也可伴随出血与水肿, 但其分布常不对称, 伴有炎性细胞浸润、纤维素沉积等慢性改变。例如肺结核引起的实变灶边界清晰, 组织结构呈慢性破坏模式。而窒息死亡中, 肺泡破裂多为新近形成, 支气管泡沫物与血液混合更具特征性。心源性肺水肿表现为以肺静脉压力升高为主导的液体外渗, 泡沫偏白、不含血成分, 且常见心室扩大等心脏体征。在图像识别系统中, 需通过特征训练准确捕捉上述差异, 结合死者背景与现场信息形成系统判断, 确保死因分析科学、可靠。

2 基于深度学习的肺组织窒息特征识别在死因判断中的

应用

2.1 肺部影像数据的获取与预处理应用

使用深度学习构建肺组织病理图像识别模型,其输入是高质量标准化数据。因此,采集及前处理的结果将直接关系到后期识别的准确性。在北京某三甲医院与高校联合的法医学 AI 项目中,项目组采集了医院保存的历年死亡鉴定资料中的肺部组织病理切片,包括因窒息死亡及非窒息死亡的病例,总共 1200 例肺组织切片数据,每张病理切片使用 400 倍的数字化病理照相机拍摄,经统一缩放、统一裁切后,应用 Python 及 OpenCV 软件对病理切片进行前处理,进行组织框、色彩平滑、亮度增强、背景污染去除等操作,使用区域标注工具对肺泡塌陷、毛细血管破裂、血性渗出标注,作为识别模型的训练集,每位检查者评估的样本需经过两位高级法医病理学专家的评估确认,从而确保训练集的统一与科学性。

2.2 深度学习模型在图像特征识别中的应用

在图像识别过程中,深度学习模型能高效获取肺部组织的那些人眼不易发现的微观组织特征,从而有效增强其鉴别水平。以某一司法鉴定中心使用 ResNet-50 网络辨别窒息样斑为例,在其构成的具有卷积层、残差结构、全连接层的图像分级系统中,利用此模型分析检测出窒息样品中肺水肿、肺出血、破坏肺泡结构等典型的器官受损部位。将高清小时 E 染色病理切片进行数据增强(旋转、缩放、对比度调整)后送入该模型中并反复训练。结果在该模型上正确率为 93.8%,特别擅长辨认出肺泡边界模糊、广泛出血等窒息典型证据,并可以形成热力图来显示主要病变区,便于法医师视觉化的观察切片。在此次试验中当该模型判错案例时,会对其进行人为核查,这种做法有助于查缺补漏,使训练集形成了一个反馈结构,构建了一个将技术和经验相结合的不断发展体系。

2.3 AI 辅助病理图像诊断在法医场景中的应用

AI 图像诊断在法医实际操作中已逐步嵌入到死因分析流程中,为法医提供客观辅助意见。在河北某地市级公安机关部署应用智能辅助法医项目的小规模实验过程中,法医团队联合高校采用人工智能病理图像识别软件对致死原因不明的死亡案中肺组织样本进行检测,在该案中死者没有外伤,肺组织病理切片可见一片混乱。而后经过人工智能模式学习,系统标记了多个高概率肺泡塌陷及局灶性出血,后与过往案例进行对比,得出该案例可能严重机械性窒息。经专人再次认定,结果与专家意见相差甚少,是确定致死原因为窒息性致死的关键性证据。在此起案件

的审理过程中,该系统可以与专家共同进行第一轮的筛选、打标记、打分的流程,节省了决策的时间与精力,并可对复杂的案例加快审核,提高司法效率并增强证据的客观性与说服力。

2.4 深度学习技术在自动化死因判断流程中的应用

在构建自动化死因判断流程方面,深度学习技术正逐步嵌入法医图像识别、证据整合与辅助推理全流程。在中国政法大学与合作法医学研究所的一项联合项目中,开发了一套基于肺组织病理图像的死因智能分析系统。该系统整合图像识别模块、概率建模算法与案例匹配库,可在接收切片图像后自动识别窒息相关病理特征,并结合数据库中近十年已审案件的图像与死因标签进行比对,给出死因可能性排序与特征解释。在一起涉及婴幼儿猝死的案件中,该系统快速判定肺组织存在严重水肿与微出血,提示存在压迫性窒息可能。结合死亡环境记录,模型推送与“被褥捂压”类案件图像高度相似,最终专家结合系统分析结果确认死因方向。该流程不仅减少了法医对图像重复性解读的时间,也使死因判断从“主观汇总”向“模型预测+专家决策”的流程化模式转型,显著提升了司法效率与科学公信力。

3 深度学习的肺组织窒息特征识别在死因判断中的应用效果

3.1 提升死因判断的准确率与一致性

在司法实务中,同一肺组织切片常因法医专业背景、阅片经验与主观判断不同而导致死因结论不一致。为此,2022 年上海市某中级人民法院法医部门联合大学人工智能实验室开展了基于深度学习的协助肺部组织辨认实验。该试验中采用了 CNN 模型对约六百份肺部组织样本进行特征提取和死亡原因辅助识别。在普通刑事无暴力证据的案例中,两个法医专家在肺部组织有无明显窒息征象问题上持有不同意见,导致该案产生了分歧。然而经过 AI 分析发现肺组织中存在大量肺泡结构塌陷及广泛的出血点区域,判定为中度机械性窒息,符合案情中被褥挤压信息。经专家根据 AI 结果复核后得出统一结论,确定该案原因为被褥造成窒息死亡。该方法使得专家意见与 AI 结果的一致性率高达 91.7%,较之前能够确定死亡原因的方式有了明显提升,对死亡原因判断的精准度和可信度有着巨大提升,也为疑难复杂案件提供了重要的参考,提升了司法判决的专业可信性。

3.2 提高病理识别效率与响应速度

传统法医病理图像分析流程需人工对每一张切片逐

个观察、标注、记录,其耗时长、重复劳动强度大,严重制约死因分析效率。2023年湖北省某公安法医鉴定单位购买了基于YOLOv5的肺部窒息特异性识别组件,其主要为快速筛查程序的前期预判环节。一起死亡事故,警察需要在48小时内给出初次死因分析以决定是否展开调查。接收到小时E肺组织染色图片后,可以系统在90秒自动勾勒出高危区,识别广泛性肺泡塌陷、出血点以及支气管泡沫样液体沉积。法医专家核对系统标注部位即可完成全部切片在3小时内评估完成,并报告初步分析结果。经人机配合的分析较常规手工法效率可省时至少10小时左右。这项技术第一季度用于23起急危事件,提高了2个半小时平均16.2%的应激反应时间。AI技术不仅仅在改善识别速度方面可以提高法医学从业人员的鉴定效率和质量,还能充分展现司法体系良好的应激反应能力和司法决策效率。

3.3 减少人为误差与主观判断偏差

肺组织病理判断涉及微观形态学识别,对经验与细节敏感度要求极高,易受疲劳、主观预设与操作习惯影响而产生误判。在广州医科大学法医学系主导的一项教学-实训-实战融合项目中,引入深度学习模型参与本科生与实习法医的阅片训练及实际案件分析。在某起疑似家暴致死案中,死者肺组织存在散在出血区域,实习法医误判为慢性支气管炎引起的出血性病灶,拟排除窒息可能。AI模型结合训练样本进行图像分析后,指出该区域出血呈弥漫、集中趋势,典型符合暴力性胸部压迫所致的机械性窒息病理特征。经高级法医确认,AI判断准确,推翻了初判结论。通过AI辅助判断,教学组显著减少了初学法医在边界病例中的误判率,从原本的18.2%下降至6.3%。案例表明,AI模型作为“第二视角”机制,有效降低了个体经验差异所引起的偏差,为关键案件死因认定提供更具有重复性与科学性的分析支持。

3.4 支持司法鉴定中标准化判定的实用效果

虽然法律鉴定中对肺组织进行的病理评价一直没有统型标准,但不同的地区及单位对病理图像的评判意见会有不同的阐释,从而导致同一事件不同判定。江苏省司法部牵头研发了基于人工智能的标准化病理评价支持系统,并部署到了市一级的鉴定机构。在一次涉及运往远方货车

司机猝死的案件中,当事人有心脏及肺的长期疾患,肺组织病理显示出充血、小片出血,初步的判断结果争议。使用此AI系统,可以按照标准形式自动生成的病理评分报告,显示量化塌陷的肺泡大小、出血点密度位置、水肿位置分布等并进行数据库内2400例标记病例比对分析,分析认为此肺组织病理是由过度挤压窒息导致,相似度达87.5%,建议进行死因重审。经专家组讨论,采纳上述意见,结合全案事证认定非意外死亡。此技术已成功应用于多例的死因重审工作中,是法医病理学的评价提供一种统一的量化的参照物,有利于推进司法鉴定的科学化、证据化和程序公正化。

4 结语

深度学习在肺组织窒息特征识别中的应用,为死因判断提供了全新的智能化解决方案。通过自动提取关键病理特征、辅助分析复杂图像信息,AI技术有效提升了判断准确率、一致性和响应效率,显著减少了人为误差和主观偏差。在司法实践中,AI模型的介入使病理分析更加客观、量化和可复核,为复杂案件中的死因认定提供了科学支撑。未来,随着数据积累与算法优化,深度学习有望在法医病理更多领域实现落地应用,推动死因分析向标准化、智能化、精准化方向持续迈进,为司法公正提供更加坚实的技术保障。

参考文献:

- [1]李泽浩,刘宁国,董贺文,等.基于深度学习的肝脏影像学数据测量及其在肝脏性猝死诊断中的应用[J].法医学杂志,2021,037(004):546-554.
- [2]景恩彪,田裕,纪占林.基于ResNet的心电图识别研究[J].现代计算机,2021(20):5-5.
- [3]丁怡,付威,靳毅,等.基于视觉深度学习的烟支缺陷特征识别系统设计[J].数字技术与应用,2023,41(9):174-176.
- [4]刘方,孙鹏,陈真诚.基于3DV-Net的肺结节检测分割算法[J].中国医学物理学杂志,2023,40(1):77-82.
- [5]黄欣,顾梦丹,易玉根,等.基于深度学习的X线胸片肺部描述自动生成[J].模式识别与人工智能,2021,34(6):9-9.

作者简介:范文瑞(1997-),女,汉族,黑龙江省哈尔滨市双城区,本科,研究方向:法医病理。